台灣農業研究 (J. Taiwan Agric. Res.) 62(4):372–381 (2013)
DOI: 10.6156/JTAR/2013.06204.07

成蟲飼料添加有機磷類殺蟲劑對瓜實蠅 [*Bactrocera cucurbitae* (Coquillett)] (Diptera: Tephritidae) 之毒效測試

賴信順 [1,*]

摘要

賴信順。2013。成蟲飼料添加有機磷類殺蟲劑對瓜實蠅 [*Bactrocera cucurbitae* (Coquillett)] (Diptera: Tephritidae) 之毒效測試。台灣農業研究 62(4):372–381。

本研究利用 8 種有機磷類殺蟲劑分別依 5 種比例添加於成蟲飼料中，評估其對瓜實蠅 [*Bactrocera cucurbitae* (Coquillett)] 的毒殺效果。試驗結果顯示隨著藥劑濃度的升高，瓜實蠅的死亡率也隨著升高。僅供含毒食餌之非選擇性試驗結果顯示，含大滅松的食餌對瓜實蠅有較佳的毒殺效果，濃度 1/2000 (v/v) 時大滅松食餌在 24 h 後即可導致 85% 的瓜實蠅死亡率，在 48 h 後則達 98%，而含佈飛松的食餌對瓜實蠅的毒殺效果最差。同時供給含毒及無毒食餌的選擇性試驗結果顯示，所有供試餌劑中仍以含大滅松的食餌對瓜實蠅的毒殺效果最高，而含撲滅松或馬拉松的食餌對瓜實蠅的毒殺效果最低。殘效試驗結果顯示，賽達松食餌持效性在所有供試藥劑中最長，濃度 1/100 經 2 wk 後瓜實蠅死亡率仍可維持超過 80%。綜合而言，供試藥劑中之陶斯松、大滅松、芬殺松、賽達松與普硫松添加於餌劑對瓜實蠅有良好的毒殺效果，可作為未來瓜實蠅誘殺餌劑之添加農藥的參考。

關鍵詞：瓜實蠅、有機磷類殺蟲劑、餌劑。

前言

瓜實蠅 [*Bactrocera cucurbitae* (Coquillett)] 俗稱瓜仔蜂或瓜蠅，屬於雙翅目 (Diptera)，果實蠅科 (Tephritidae)。已知其寄主植物超過 81 種以上，其中以葫蘆科 (Cucurbitaceae) 植物為主，包括苦瓜、洋香瓜、南瓜與絲瓜等，而其他作物如番茄、長豇豆和敏豆亦為寄主植物 (Dhillon *et al*. 2005)。瓜實蠅對作物主要的危害方式為幼蟲蛀食果實，但有時也會出現幼蟲啃食花器或莖部的情形 (Wang *et al*. 2000; Dhillon *et al*. 2005)。

瓜實蠅是葫蘆科作物的關鍵害蟲，成蟲產卵於植物組織中，孵化後幼蟲直接往植體內部蛀食，發育至老熟幼蟲時則跳離植株藏匿於土中化蛹，防治技術上對於這三個時期皆不易著力，因此成蟲期為主要的防治時期 (Roessler 1989; Chu 1998)。瓜實蠅成蟲的生態習性為棲息於瓜類栽培區外圍的樹林內或玉米葉片上，僅在雌成蟲產卵時才會進入瓜園 (Wen 1985)。在食物方面，除了水之外，成蟲皆需要碳水化合物作為能量來源，且需取食蛋白質以促進其性成熟 (Bateman 1972)。

目前國內報導用於瓜實蠅上的防治技術有果實套袋隔絕產卵 (Fang & Chang 1986; Fang *et al*. 1988; Fang 1989)、番石榴果實網袋包誘殺 (Ho *et al*. 2003)、黃色黏板誘殺 (Liu & Chang 1995; Lu 1997)、0.02% 賜諾殺濃餌劑誘殺配合清除園內被害果、懸掛 85% 克蠅香

投稿日期：2013 年 8 月 14 日；接受日期：2013 年 10 月 7 日。
[*] 通訊作者：hslai@fthes-tari.gov.tw
[1] 農委會農業試驗所鳳山熱帶園藝試驗分所植物保護系助理研究員。台灣 高雄市。

混合溶液或 95% 克蠅溶液與 50% 芬殺松乳劑以 10：1 比例混合的誘引盒誘殺雄蟲以及 25% 馬拉松可濕性粉劑加入蛋白質水解物點噴植株周圍誘殺成蟲等 (Fei *et al*. 2010)。為了減少噴灑農藥對環境與生態造成影響，將農藥添加於誘引劑內在園區周圍以點噴或懸掛餌片的方式進行防治，相較於大面積噴灑農藥，被認為是對環境較友善的果實蠅類害蟲族群管理方式 (Roessler 1989; Jiji *et al*. 2010)。國內對瓜實蠅防治研究工作多集中於誘引物質的探討與開發 (Liu & Chang 1995; Lu 2002; Wang & Liu 2010)，而將不同種類的農藥添加於誘引劑內，評估對瓜實蠅防治效果的研究篇幅相對較少 (Fang & Chang 1986; Liu *et al*. 1997; Wang & Liu 2002; Dong & Chen 2004; Lai & Yang 2012)。

有機磷類殺蟲劑 (organophosphates) 主要殺蟲機制是抑制乙醯膽鹼酯酶作用，導致昆蟲過度興奮、痙攣或麻痺等而死亡 (Savolainen 2001)，其同時具有觸殺與胃毒作用。目前國內植物保護手冊推薦防治瓜實蠅的有機磷類殺蟲劑，並不能噴施於全株植物上，而推薦可直接噴施於瓜類植株上防治其他害蟲的有機磷類殺蟲劑僅有 43% 佈飛松乳劑與 50% 馬拉松乳劑 (Fei *et al*. 2010)。有機磷類殺蟲劑為農民使用頻率較高且較易取得的藥劑種類，且普遍單位容量的價格相較於其他作用機制的殺蟲劑便宜，但是其廣效性的殺蟲效果對於生態環境的傷害與對哺乳類動物的毒害亦具有相對較高的風險。為了避免農民錯誤使用有機磷類殺蟲劑防治瓜實蠅，如將需要點噴於植株周圍的藥劑或未推薦的藥劑直接噴施在植株或瓜果上等，若能以較安全簡便的方式利用有機磷類殺蟲劑來防治瓜實蠅，除了可以減少瓜果殘留農藥過量的風險外，並且降低有機磷類殺蟲劑直接噴施對環境、天敵與人體的傷害。

本研究擬將有機磷類殺蟲劑與瓜實蠅食物誘引劑相結合製成餌片，以較簡便與較低的農藥成本，提高對瓜實蠅的防治效益，並且以較安全的施用方式降低對環境的影響。挑選市售 8 種常見的有機磷類殺蟲劑，分別以 5 種不同比例與食餌均勻混合，探討其對瓜實蠅接觸或取食後所造成的致死效果。藉由非選擇性試驗 (提供含毒食餌與水供瓜實蠅取食)、選擇性試驗 (同時提供含毒與不含毒食餌供瓜實蠅選擇) 與殘效試驗，篩選出適合添加於食餌中的藥劑與其比例，以冀未來能將有機磷類殺蟲劑以對環境較友善的運用方式，作為瓜實蠅整合性管理技術應用參考。

材料與方法

供試昆蟲來源

將受瓜實蠅 (*B. cucurbitae*) 為害的胡瓜，置於溫室內的白色飼養帳 (60 cm × 60 cm × 60 cm)，伺瓜實蠅羽化之後，以二級砂糖和酵母水解物 (MP Biomedical, Irvine, CA) (4：1) 及沾水棉花供瓜實蠅成蟲取食，並且以南瓜、苦瓜或花胡瓜供其產卵與幼蟲取食，以建立供試蟲源。

試驗藥劑配製

食餌：將二級砂糖、酵母水解物與水以 4：1：5 (w/w/w) 的比例混合製備成食餌 (Hsu *et al*. 2004)，以棉片 (3.5 cm × 3.5 cm × 0.8 cm) 吸收 12 mL 的食餌作為食餌棉片。

供試藥劑：40.8% 陶斯松乳劑 (chlorpyrifos，惠光股份有限公司)、44% 大滅松乳劑 (dimethoate，興農股份有限公司)、50% 撲滅松乳劑 (fenitrothion，興農股份有限公司)、50% 芬殺松乳劑 (fenthion，興農股份有限公司)、50% 馬拉松乳劑 (malathion，興農股份有限公司)、50% 賽達松乳劑 (phenthoate，台灣日產化工股份有限公司)、43% 佈飛松乳劑 (profenofos，先正達股份有限公司) 與 50% 普硫松乳劑 (prothiofos，惠光股份有限公司)，分別由農藥販售業者處購得。

含毒食餌配製方法與比例：8 種藥劑分別依比例 1/100、1/200、1/500、1/1000 與 1/2000 (v/v) 添加於食餌中均勻混合，24 h 後以棉片 (3.5 cm × 3.5 cm × 0.8 cm) 吸收 12 mL 的混合液作為供試含毒食餌棉片，進行試驗工作。

毒效試驗

爲納入田間環境因子如光照和溫度等對藥效的影響，本試驗乃於溫室中進行。於試驗前 72 h 由飼養帳逢機取出 60–70 隻瓜實蠅成蟲移至方型飼養籠 (30 cm × 30 cm × 30 cm) 內，以食餌棉片進行餵食，於試驗開始前清出自然死亡的成蟲。

非選擇性試驗：本試驗於處理組提供含毒食餌棉片與含水棉片，放置含水棉片是爲了模擬自然環境，以免高估含毒食餌棉片的致死效果。試驗時上述農藥個別測試，於處理組的籠內分別放入 1/100、1/200、1/500、1/1000 與 1/2000 (v/v) 等不同調配比例的含毒食餌棉片與含水棉片各一，對照組的籠內僅放入無毒食餌棉片，試驗設計採完全逢機設計 (CRD)，每處理與對照組各 3 重複，試驗開始後第 24、48 與 72 h 調查並紀錄籠內死亡蟲數與存活蟲數。

選擇性試驗：本試驗於處理組同時提供含毒食餌棉片及無毒食餌棉片，以供瓜實蠅選擇。挑選非選擇性試驗中經 72 h 處理後之平均累積死亡率大於 80% 的藥劑調配比例進行選擇性試驗，試驗時於處理組籠內分別放入經篩選後不同比例的含毒食餌棉片與無毒食餌棉片各一，對照組籠內僅放入無毒食餌棉片，試驗設計採完全逢機設計 (complete randomized design; CRD)，每處理與對照組各 3 重複，試驗開始後第 24、48 與 72 h 調查並紀錄籠內死亡蟲數與存活蟲數。

殘效試驗：挑選選擇性試驗中經 72 h 處理後之平均累積死亡率大於 80% 的藥劑調配比例進行殘效試驗，試驗時在第 0、1、2 及 3 wk 於處理組籠內放入同一片含毒食餌棉片，而每次皆置入新鮮的無毒食餌棉片，對照組籠內皆僅放入新鮮無毒食餌棉片，試驗設計採完全逢機設計 (CRD)，每處理與對照組各 3 重複，每週皆調查 72 h 後籠內死亡蟲數與存活蟲數。

資料分析

各組數據先經角度轉換 (angular transformation, $\arcsin\sqrt{P}$)，再利用 SAS/EG 套裝統計分析軟體進行變方分析 (analysis of variance; ANOVA)，若有達顯著性差異，則採用 Fisher 的最小顯著差異性測驗 (Fisher’s least significance difference test; LSD test) 以 5% 水準來檢測處理間之差異顯著性。

結果

非選擇性試驗

將瓜實蠅置於沒有無毒食餌棉片可供選擇的情況下進行試驗，瓜實蠅在取食後的累積死亡率隨著所暴露藥劑的濃度及時間增加而升高，依藥劑種類的不同，不同濃度所造成的瓜實蠅累積死亡率差異顯著性亦有不同 (表 1)。所有供試藥劑中，以添加 44% 大滅松乳劑的食餌對瓜實蠅的毒殺效果最好，在濃度 1/2000 時取食 24 h 後的死亡率達 84.7%，48 h 後達 98.0%。其次是添加 50% 芬殺松乳劑的食餌，在濃度 1/2000 時取食 24 h 後的死亡率僅 38.2%，但在 72 h 後達 85.1%。添加 40.8% 陶斯松乳劑的食餌在濃度 1/500 以上時 48 h 後的累積死亡率皆大於 90%。添加 50% 賽達松乳劑 50% 普硫松乳劑的食餌在濃度 1/500 以上時 72 h 後累積死亡率皆大於 80%。濃度 1/100 的 50% 撲滅松乳劑與 50% 馬拉松乳劑則僅在 72 h 後的累積死亡率大於 80%。推薦於可施用於瓜園的防治害蟲的 43% 佈飛松乳劑添加於餌劑之不同濃度對的累積死亡率皆未超過 80%。上述對瓜實蠅毒殺率達 80% 以上的農藥與濃度皆被選以進一步進行選擇性試驗。

選擇性試驗

同時提供瓜實蠅含毒與無毒食餌供其選擇，試驗結果顯示含大滅松與芬殺松的食餌在濃度 1/2000 時仍然對瓜實蠅具有較好的毒殺效果 (表 2)，含大滅松的食餌在 48 h 後對瓜實蠅的累積死亡率超過 80%，其次含芬殺松的食餌則在 72 h 後對瓜實蠅的累積死亡率超過 80%。含陶斯松的食餌在濃度 1/500 以上時在 24 h 雖然平均致死率低於 40%，但在 72 h 後的累積死亡率仍超過 80%。濃度 1/100 的含賽達松與普硫松食餌在 72 h 後的累積死亡率超過 80%。瓜實蠅推薦用藥馬拉松在濃度 1/100

表 1. 有機磷殺蟲劑與食餌以不同比例混合於非選擇試驗中對瓜實蠅之平均死亡率。

Table 1. Mean mortality of *Bactrocera cucurbitae* exposed to food baits incorporated with different rates of organophosphates in non-choice test.

Insecticide	Concentration (v/v)	% Cumulative mortality (Mean ± SD)[z]		
		24 h[y]	48 h	72 h
Chlorpyrifos 40.8% EC	1/100	74.1 ± 11.1 a	96.3 ± 3.0 a	99.5 ± 0.9 a
	1/200	62.9 ± 6.1 a	90.0 ± 6.8 a	98.5 ± 1.5 ab
	1/500	61.5 ± 11.8 a	92.6 ± 4.8 a	96.3 ± 0.9 b
	1/1000	25.1 ± 9.6 b	53.4 ± 5.8 b	75.0 ± 4.8 c
	1/2000	19.3 ± 6.0 b	36.9 ± 5.3 c	55.7 ± 7.1 d
CK		0.6 ± 1.0 c	2.6 ± 1.0 d	2.6 ± 1.0 e
Dimethoate 44% EC	1/100	82.7 ± 7.9 a	100.0 ± 0.0 a	100.0 ± 0.0 a
	1/200	89.0 ± 8.0 a	97.9 ± 1.8 a	100.0 ± 0.0 a
	1/500	91.8 ± 5.7 a	100.0 ± 0.0 a	100.0 ± 0.0 a
	1/1000	86.9 ± 1.3 a	100.0 ± 0.0 a	100.0 ± 0.0 a
	1/2000	84.7 ± 2.9 a	98.0 ± 2.4 a	99.6 ± 0.8 a
CK		1.7 ± 3.0 b	2.3 ± 4.0 b	2.9 ± 5.0 b
Fenitrothion 50% EC	1/100	33.3 ± 8.5 a	68.9 ± 7.6 a	80.9 ± 2.9 a
	1/200	13.8 ± 3.1 b	47.2 ± 10.2 b	71.8 ± 2.4 a
	1/500	17.3 ± 6.3 b	35.9 ± 7.6 bc	49.5 ± 9.9 b
	1/1000	8.7 ± 7.7 bc	29.6 ± 8.2 c	47.0 ± 5.6 b
	1/2000	4.3 ± 2.5 c	7.0 ± 2.6 d	9.7 ± 3.0 c
CK		0.0 ± 0.0 d	0.0 ± 0.0 e	2.2 ± 1.9 d
Fenthion 50% EC	1/100	79.2 ± 2.3 a	99.5 ± 0.9 a	100.0 ± 0.0 a
	1/200	57.3 ± 13.2 b	88.5 ± 1.4 b	96.0 ± 2.4 b
	1/500	68.3 ± 5.0 ab	89.4 ± 1.1 b	96.8 ± 1.6 b
	1/1000	61.9 ± 5.4 b	80.8 ± 4.5 b	89.9 ± 8.0 cb
	1/2000	38.2 ± 11.8 c	56.9 ± 7.7 c	85.1 ± 3.0 c
CK		1.1 ± 0.9 d	2.7 ± 2.4 d	4.2 ± 3.9 d
Malathion 50% EC	1/100	41.7 ± 6.6 a	77.0 ± 8.9 a	87.0 ± 5.0 a
	1/200	28.0 ± 8.9 b	60.4 ± 9.9 b	78.8 ± 7.6 a
	1/500	9.2 ± 5.4 c	19.4 ± 11.6 c	38.5 ± 13.6 b
	1/1000	7.1 ± 3.6 c	12.7 ± 4.3 c	15.8 ± 2.6 c
	1/2000	4.2 ± 1.3 c	8.9 ± 4.3 c	14.0 ± 4.4 c
CK		0.5 ± 0.9 d	1.6 ± 0.1 d	3.3 ± 2.8 d
Phenthoate 50% EC	1/100	78.8 ± 17.9 a	92.5 ± 3.8 a	94.5 ± 4.1 a
	1/200	58.7 ± 14.6 b	84.2 ± 7.6 ab	96.4 ± 1.1 a
	1/500	52.8 ± 10.4 b	75.8 ± 9.3 b	83.2 ± 4.3 b
	1/1000	27.5 ± 4.5 c	51.8 ± 5.4 c	58.1 ± 6.0 c
	1/2000	19.1 ± 6.1 c	27.0 ± 8.7 d	41.3 ± 3.6 d
CK		0.0 ± 0.0 d	0.0 ± 0.0 e	0.5 ± 0.9 e

表 1.　有機磷殺蟲劑與食餌以不同比例混合於非選擇試驗中對瓜實蠅之平均死亡率 (續)。

Table 1.　Mean mortality of *Bactrocera cucurbitae* exposed to food baits incorporated with different rates of organophosphates in non-choice test. (continued)

Insecticide	Concentration (v/v)	% Cumulative mortality (Mean ± SD)[z]		
		24 h[y]	48 h	72 h
Profenofos 43% EC	1/100	38.2 ± 7.7 a	48.4 ± 1.4 a	67.7 ± 8.3 a
	1/200	29.5 ± 8.0 a	42.3 ± 5.5 a	60.6 ± 1.9 a
	1/500	37.2 ± 5.2 a	49.0 ± 9.3 a	59.8 ± 6.6 a
	1/1000	33.8 ± 8.5 b	36.9 ± 10.0 b	42.9 ± 7.6 b
	1/2000	16.2 ± 3.4 c	19.4 ± 4.3 c	25.7 ± 5.7 c
CK		0.0 ± 0.0 d	0.0 ± 0.0 d	0.0 ± 0.0 d
Prothiofos 50% EC	1/100	69.9 ± 8.4 a	93.9 ± 5.4 a	98.0 ± 1.8 a
	1/200	39.5 ± 9.3 b	84.1 ± 5.1 b	95.3 ± 1.8 a
	1/500	31.7 ± 9.2 b	71.6 ± 6.8 c	82.0 ± 6.0 b
	1/1000	8.1 ± 4.6 c	29.8 ± 6.8 d	50.4 ± 10.3 c
	1/2000	3.4 ± 0.1 c	10.7 ± 3.6 e	23.2 ± 5.3 d
CK		4.3 ± 1.1 c	7.3 ± 1.9 e	7.3 ± 1.9 e

[z] Means within different rates of an insecticides followed by the same letter are not significantly different at 5% level by Fisher's protected Least Significant Difference (LSD) test. Percentage data were subjected to arcsine-square-root transformation prior to analysis.

[y] Sampling time: hours after experiments initiated.

至 72 h 的累積死亡率僅達 67.1%。

殘效試驗

試驗結果顯示，以濃度 1/100 時含賽達松的食餌殘效性最佳 (表 3)。經過 1 wk 之後含毒食餌對瓜實蠅 72 h 平均死亡率超過 80% 僅剩下濃度 1/100 的陶斯松、大滅松、賽達松與普硫松，而經過 2 wk 之後，僅剩含賽達松的食餌對瓜實蠅 72 h 平均死亡率仍可維持在 80.8%。

討論

一個成功的誘殺劑最基本是要具備誘引能力與毒殺能力。瓜實蠅的誘殺劑可分爲長距離誘殺雄蟲的克蠅香混合溶液與短距離同時誘殺雌雄蟲的食物誘引劑，食物誘引劑則包括蛋白質水解物與新鮮水果。在毒殺能力部份，有 58% 乃力松乳劑、50% 芬殺松乳劑、25% 馬拉松可濕性粉劑與 0.02% 賜諾殺濃餌劑。相關農藥添加於食物誘引劑中以防治瓜實蠅的研究多數是直接評估添加後的誘引效果 (Liu *et al*. 1997; Wang & Liu 2002) 或瓜果的受害率 (Fang & Chang 1986; Akhtaruzzaman *et al*. 2000)，對於著重評估篩選市售農藥添加於食物誘引劑後對瓜實蠅取食或接觸後之毒殺效果的研究則較少 (Lai & Yang 2012)。

本研究製成食餌所使用的酵母水解物於單獨使用 24 h 後對瓜實蠅雌蟲可達到 70% 以上的誘引能力，對雄蟲則更可達到 80% 以上 (Liu & Chen 1995)，因此該食餌除了提供瓜實蠅生存所需外，亦具有誘引效果。非選擇性試驗中瓜實蠅在僅有含水棉片與含毒食餌棉片下，可能造成瓜實蠅死亡的因子爲取食含毒食餌或拒絕取食，兩者的差別在於有機磷類殺蟲劑是否對瓜實蠅產生忌避作用，若有忌避作用，未來有發展爲忌避劑的潛力，若無忌避作用，則未來可以添加於誘引劑中進行毒殺。爲模擬田間瓜實蠅的狀態，因此瓜實蠅在試驗前並未停止供應人工飼料，若瓜實蠅對含毒食餌出現忌避現象，但調查時間過短，可能無法顯現在致死效果上，因此將時間延長至 72 h。藉由此試驗結果排除致死率低於 80% 的藥劑與濃度組合，如 43% 佈飛松乳劑等 (表 1)，表示該藥劑與濃

表 2. 有機磷殺蟲劑與食餌以不同比例混合於選擇性試驗中對瓜實蠅之平均死亡率。

Table 2. Mean mortality of *Bactrocera cucurbitae* exposed to food baits incorporated with different rates of organophosphates in choice test.

Insecticide	Concentration (v/v)	% Cumulative mortality (Mean ± SD)[z]		
		24 h[y]	48 h	72 h
Chlorpyrifos 40.8% EC	1/100	39.7 ± 5.7 a	87.0 ± 10.0 a	93.5 ± 6.7 a
	1/200	32.3 ± 4.3 a	69.1 ± 8.1 b	85.7 ± 3.4 a
	1/500	36.3 ± 8.1 a	67.6 ± 4.9 b	82.8 ± 6.1 a
CK		2.0 ± 2.4 b	3.6 ± 3.6 c	5.1 ± 3.9 b
Dimethoate 44% EC	1/100	31.3 ± 4.0 b	93.9 ± 7.8 a	100.0 ± 0.0 a
	1/200	63.3 ± 9.7 a	90.4 ± 6.1 a	100.0 ± 0.0 a
	1/500	60.9 ± 5.8 a	84.7 ± 6.6 a	98.4 ± 2.7 a
	1/1000	62.5 ± 4.3 a	89.1 ± 7.1 a	98.5 ± 1.5 a
	1/2000	34.4 ± 10.6 b	84.5 ± 8.4 a	98.1 ± 1.7 a
CK		2.3 ± 2.6 c	3.4 ± 3.4 b	4.4 ± 2.7 b
Fenitrothion 50% EC	1/100	19.7 ± 7.1 a	43.7 ± 9.8 a	54.1 ± 0.8 a
CK		1.0 ± 1.7 b	2.5 ± 0.8 b	3.1 ± 0.2 b
Fenthion 50% EC	1/100	74.6 ± 2.7 a	95.9 ± 0.8 a	100.0 ± 0.0 a
	1/200	58.8 ± 11.7 b	82.9 ± 4.9 b	94.8 ± 1.7 b
	1/500	43.2 ± 8.3 c	80.6 ± 7.8 b	92.0 ± 5.6 b
	1/1000	46.6 ± 7.7 bc	66.7 ± 8.1 c	89.5 ± 3.4 b
	1/2000	39.0 ± 3.2 c	68.6 ± 6.4 c	89.7 ± 1.4 b
CK		2.2 ± 2.7 d	3.3 ± 3.1 d	4.3 ± 2.2 c
Malathion 50% EC	1/100	17.0 ± 6.1 a	44.3 ± 6.4 a	67.1 ± 5.0 a
	1/200	11.6 ± 8.3 a	32.0 ± 16.2 a	47.5 ± 8.7 b
CK		1.6 ± 1.6 b	3.6 ± 1.1 b	5.2 ± 2.7 c
Phenthoate 50% EC	1/100	69.2 ± 9.2 a	81.6 ± 8.1 a	92.7 ± 3.5 a
	1/200	25.3 ± 12.6 b	49.1 ± 4.8 b	58.9 ± 1.4 b
	1/500	25.9 ± 5.4 b	44.3 ± 4.5 b	58.9 ± 1.4 b
CK		0.0 ± 0.0 c	1.6 ± 0.0 d	2.6 ± 1.0 c
Prothiofos 50% EC	1/100	12.6 ± 5.8 b	44.7 ± 9.9 a	82.4 ± 4.7 a
	1/200	23.5 ± 8.2 a	48.6 ± 8.1 a	66.1 ± 2.8 b
	1/500	6.4 ± 1.8 bc	20.4 ± 6.5 b	41.7 ± 3.7 c
CK		4.3 ± 1.2 c	7.4 ± 2.0 c	7.4 ± 2.0 d

[z] Means within different rates of an insecticides followed by the same letter are not significantly different at 5% level by Fisher's protected Least Significant Difference (LSD) test. Percentage data were subjected to arcsine-square-root transformation prior to analysis.

[y] Sampling time: hours after experiments initiated.

度組合對瓜實蠅佈論在毒殺或忌避上的效果皆不佳，而將瓜實蠅死亡率超過 80% 的藥劑與濃度組合再以選擇性試驗進一步釐清其主要致死因子。

選擇性試驗中評估同時放置含毒食餌棉片與無毒食餌棉片對瓜實蠅的致死效果，若該藥劑對瓜實蠅具有忌避作用，則在提供無毒食餌棉片的情況下，瓜實蠅的死亡率應該極低。比較表 1 與表 2，瓜實蠅在相同藥劑、濃度與調查時間條件下，選擇性試驗的平均死亡率皆低於非選擇性試驗。除了含 50% 芬殺松乳劑的食餌外，其他藥劑的食餌在選擇性試驗中 48 h

表 3. 陶斯松、大滅松、芬殺松、賽達松或普硫松與食餌混合後之殘效對瓜實蠅 72 h 之平均死亡率。

Table 3. Residual effects of food baits incorporated with chlorpyrifos, dimethoate, fenthion, phenthoate or prothiofos on mean mortality of *Bactrocera cucurbitae* at 72 h after treatment.

Insecticide	Concentration (v/v)	Mean mortality (%)[z]			
		0 wk[y]	1 wk	2 wk	3 wk
Chlorpyrifos 40.8% EC	1/100	93.5 ± 6.7 bc	85.0 ± 3.8 ab	16.5 ± 8.6 e	-
	1/200	86.2 ± 3.2 de	68.7 ± 7.1 de	9.3 ± 2.3 ef	-
	1/500	84.1 ± 4.2 e	20.8 ± 2.9 i	5.0 ± 6.2 gh	-
Dimethoate 44% EC	1/100	100.0 ± 0.0 a	83.8 ± 2.6 ab	57.3 ± 7.1 b	26.8 ± 6.5 b
	1/200	100.0 ± 0.0 a	78.5 ± 8.1 bc	47.0 ± 2.6 bc	22.2 ± 4.7 bc
	1/500	98.9 ± 1.8 a	71.1 ± 6.8 cd	37.7 ± 2.4 cd	15.9 ± 1.2 cd
	1/1000	99.0 ± 0.8 a	63.6 ± 6.9 def	36.3 ± 7.9 cd	13.5 ± 1.3 d
	1/2000	98.6 ± 1.4 ab	59.9 ± 3.4 ef	29.7 ± 9.6 d	12.2 ± 0.6 d
Fenthion 50% EC	1/100	100.0 ± 0.0 a	59.5 ± 8.3 ef	7.9 ± 4.3 fg	-
	1/200	95.3 ± 1.4 bc	55.8 ± 3.5 fg	7.5 ± 2.8 fg	-
	1/500	92.9 ± 4.7 cd	48.4 ± 4.0 g	7.9 ± 1.6 efg	-
	1/1000	90.4 ± 2.6 cd	36.4 ± 0.8 h	6.7 ± 3.3 fgh	-
	1/2000	89.3 ± 0.8 cde	36.0 ± 2.4 h	5.8 ± 1.6 fgh	-
Phenthoate 50% EC	1/100	93.2 ± 2.7 cd	90.0 ± 1.4 a	80.8 ± 5.2 a	57.0 ± 9.4 a
Prothiofos 50% EC	1/100	82.6 ± 4.8 e	81.3 ± 6.2 b	55.3 ± 7.7 b	16.7 ± 4.5 cd
CK		0.5 ± 0.9 a	1.5 ± 1.5 j	2.1 ± 0.9 h	6.1 ± 1.5 e

[z] Means followed by the same letter are not significantly different at 5% level by Fisher's protected Least Significant Difference (LSD) test. Percentage data were subjected to arcsine-square-root transformation prior to analysis.

[y] Data indicate mean and its standard deviation of 3 replicates. Exposure time of food baits in the greenhouse.

後的平均死亡率與在非選擇試驗中 24 h 後的平均死亡率相近。這可能與選擇性試驗中提供無毒食餌棉片有關，瓜實蠅因可選擇無毒食餌而降低與含毒食餌接觸或取食的機率，造成對瓜實蠅的致死效果降低。依選擇性試驗推測供試有機磷類殺蟲劑添加於食餌中並不會對瓜實蠅有忌避作用，而其主要的致死原因是取食或接觸添加有機磷類殺蟲劑的食餌。此試驗中含 44% 大滅松乳劑的食餌在濃度 1/100 時 24 h 後對瓜實蠅的平均死亡率僅 31.3%，雖然 48 h 後亦達 93.9%，此一現象是否表示高濃度的大滅松可能會對瓜實蠅接觸或取食食餌行爲產生影響，則需再提高濃度進行試驗才可得知。

添加於餌劑內的殺蟲劑除了評估其毒殺效果外，其殘效持續時間爲另一個評估重點。以食物餌劑而言，影響殘效毒殺效果的因子除了藥劑本身的藥效消退之外，發霉所造成食餌棉片被遮蔽，導致瓜實蠅無法取食到含毒食餌，進而影響毒殺效果亦是重要因子。由於食餌在配置時並無添加防腐劑或殺真菌劑，雖然成品農藥中或許有添加抗菌劑，但是將其添加於食餌後，抗菌劑的效果亦受到某些程度影響，因此在殘效試驗中吸附含農藥食餌的棉片多數在 1 wk 後開始發霉，可能間接影響瓜實蠅取食含毒食餌的毒殺效果，因此未來在含毒食餌研究上應考慮防腐劑或殺真菌劑的添加，以降低發霉對瓜實蠅誘殺效果的影響。

目前防治瓜實蠅是推薦以 25% 馬拉松可濕性粉劑稀釋 400 倍添加蛋白質水解物點噴植株 (Fei *et al*. 2010)，避免農民購買防治藥劑的困擾，在本試驗中則是選用可供防治對象較廣的 50% 馬拉松乳劑添加於食餌。若以非選擇性試驗結果推測推薦藥劑濃度對瓜實蠅的毒殺效果，其馬拉松有效濃度爲 0.0625% 約是在濃度 1/500 至 1/1000 之間，對瓜實蠅在 24 h 後的平均致死率約 7 至 9%，而在 72 h 後也僅達 15–38%，恐已難符合農民防治瓜實蠅上的需求，且 43% 佈飛松乳劑對瓜實蠅的防治

效果亦不佳。因此未來若能在田間證實市售的陶斯松、大滅松、芬殺松、賽達松或普硫松添加於食物誘引劑對瓜實蠅的誘引能力不造成干擾，則自製成餌片或噴施在園區周圍的雜木上，作爲防治的選擇之一。另一方面，將陶斯松、大滅松、賽達松或普硫松添加於克蠅或克蠅香內，與目前推薦的 50% 芬殺松乳劑作毒效比較，亦是未來可考慮的研究主題。目前國內推薦於克蠅與克蠅香內以 10：1 的比例添加 50% 芬殺松乳劑 (Fei *et al*. 2010)，此添加比例之芬殺松的濃度約爲 5%，而本研究中芬殺松的濃度僅 250 ppm，即可對瓜實蠅產生接近 90% 毒殺效果，未來若能證實其添加於克蠅或克蠅香內的殘效能達 45 d，即可符合國內多數瓜類栽培期間防治瓜實蠅之所需。

綜合本試驗的結果，供試之有機磷殺蟲劑中，陶斯松、大滅松、芬殺松、賽達松與普硫松添加於食餌中對瓜實蠅具有較佳的毒殺效果，應用餌劑誘殺除了能降低農民使用有機磷類殺蟲劑直接噴施在瓜果上防治瓜實蠅所造成過量農藥殘留的風險外，更能降低有機磷殺蟲劑對人體、生態與環境的傷害。未來若研發出適當的餌劑，可以進一步評估其在田間防治瓜實蠅的效果。

引用文獻

Akhtaruzzaman, M., M. Z. Alam, and M. M. Ali-Sardar. 2000. Efficiency of different bait sprays for suppressing fruit fly on cucumber. Bull. Inst. Trop. Agric., Kyushu Univ. 23:15–26.

Bateman, M. A. 1972. The ecology of fruit flies. Annu. Rev. Entomol. 17:493–518.

Chu, Y. I. 1998. Notes on the control of Tephritid fruit fly. p.26–35. *in*: Proceedings of the Symposium on Fruit Fly Control in Taiwan. April 10, 1998. Taichung, Taiwan. Department of Entomology, National Chung Hsing University. Taichung. (in Chinese with English abstract)

Dhillon, M. K., R. Singh, J. S. Naresh, and H. C. Sharma. 2005. The melon fruit fly, *Bactrocera cucurbitae*: A review of its biology and management. J. Insect Sci. 5:40.

Dong, Y. J. and C. C. Chen. 2004. Evaluation on the toxic effects of Phloxine B to the melon fly, *Bactrocera cucurbitae* (Coquillett) (Diptera: Tephritidae). J. Agric. Res. China 53:239–248. (in Chinese with English abstract)

Fang, M. N. 1989. Studies on using different bagging materials for control melon fly on bitter gourd and sponge gourd. Bull. Taichung Dist. Agric. Improv. Stat. 25:3–12. (in Chinese with English abstract)

Fang, M. N. and C. P. Chang. 1986. Investigation on the damage of melon fly in sponge gourd garden and its control method. Bull. Taichung Dist. Agric. Improv. Stat. 13:37–42. (in Chinese with English abstract)

Fang, M. N., C. P. Chang, and H. Huang. 1988. Economic evaluation of control of melon fly on bitter gourd and sponge gourd by bagging method. Plant Prot. Bull. 30:210–221. (in Chinese with English abstract)

Fei, W. C., Y. C. Wang, F. S. Chen, S. M. Lin, and Y. H. Lee. 2010. Plant Protection Manual. Agricultural Chemicals and Toxic Substances Research Institute Press. Taichung. 963 pp. (in Chinese)

Ho, K. Y., S. C. Hung, C. C. Chen, and H. J. Lee. 2003. Trapping effectiveness of guava fruit in a net bag for the melon fly, *Bactrocera cucurbitae* (Diptera: Rephritidae) in sponge gourd field. J. Agric. Res. China 52:85–92. (in Chinese with English abstract)

Hsu, J. C., H. T. Feng, and W. J. Wu. 2004. Resistance and synergistic effects of insecticides in *Bactocera dorsalis* (Diptera: Tephritidae) in Taiwan. J. Econ. Entomol. 97:1682–1688.

Jiji, T., V. G. Nisha, S. Mohan, and A. Verghese. 2010. Food bait preference of *Bactrocera dorsalis Hendel and Bactrocera cucurbitae* Coq. Insect Environ. 15:147–148.

Lai, H. S. and T. C. Yang. 2012. Effectiveness of baits incorporated with carbamates or pyrethroids against the melon fly. Bull. Hualien DARES 30:43–51. (in Chinese with English abstract)

Liu, T. D., M. N. Fang, and L. C. Yang. 1997. Screening of food attractant on the killing effect of *Bactrocera cucurbitae* Cog. Bull. Taichung Dist. Agric. Improv. Stat. 56:35–40. (in Chinese with English abstract)

Liu, Y. C. and C. Y. Chang. 1995. Selection of food attractants to the melon fly, *Dacus cucurbitae*, and supplementary effect of yellow insect adhesive paper. Chinese J. Entomol. 15:35–46. (in Chinese with English abstract)

Liu, Y. C. and S. K. Chen. 1995. Development of food attractants for melon fly, *Dacus cucurbitae* Coquillett. Plant Prot. Bull. 37:189–199.

Lu, F. M. 1997. Ovipositional preference of the melon fly, *Bactrocera cucurbitae* Coquillett (Diptera: Tephritidae) (I): Tests of host plant and color. Chinese J. Entomol. 17:237–243. (in Chinese with English abstract)

Lu, F. M. 2002. Ovipositional preference of the melon fly, *Bactrocera cucurbitae* Coquillet (Diptera: Tephritidae) (Ⅱ): Analysis of extracted chemicals from fruits of the muskmelon. Formosan Entomol. 22:163–170. (in Chinese with English abstract)

Roessler, Y. 1989. Insecticides: insecticidal bait and cover sprays. p.329–336. *in*: Fruit Flies: Their Biology, Natural Enemies and Control, vol. 3B. (Robinson, A. S. and G. Hooper, eds.) Elsevier. Amsterdam, Netherlands. 447 pp.

Savolainen, K. 2001. Understanding the toxic action of organophosphates. p.1013–1043. *in*: Handbook of Pesticide Toxicology. 2nd ed. (Krieger, R., ed.) Academic Press. New York. 1908 pp.

Wang, W. J. and Y. C. Liu. 2002. Attraction of food attractants to melon fly, (*Bactrocera cucurbitae* (Coquillett)). Bull. Taichung Dist. Agric. Improv. Stat. 76:31–41. (in Chinese with English abstract)

Wang, W. J. and Y. C. Liu. 2010. Attraction efficiency study of pumpkin extracts on the melon fly, *Bactrocera cucurbitae* (Coquillett). Bull. Taichung Dist. Agric. Improv. Stat. 109:41–58. (in Chinese with English abstract)

Wang, W. J., Y. C. Liu, C. C. Chen, and Y. S. Wang. 2000. Damage of pumpkin flowers by oviposition of melon fly. Bull. Taichung Dist. Agric. Improv. Stat. 69:51–54. (in Chinese with English abstract)

Wen, H. C. 1985. Field studies on melon fly (*Dacus cucurbitae*) and attractant experiment in southern Taiwan. J. Agric. Res. China 34:228–235. (in Chinese with English abstract)

Lethal Effects of Organophosphates Mixed with Adult Food against the Melon Fly, *Bactrocera cucurbitae* (Coquillett) (Diptera: Tephritidae)

Hsin-Shun Lai[1,*]

Abstract

Lai, H. S. 2013. Lethal effects of organophosphates mixed with adult food against the melon fly, *Bactrocera cucurbitae* (Coquillett) (Diptera: Tephritidae). J. Taiwan Agric. Res. 62(4):372–381.

The study was conducted to evaluate effects of five ratios of eight organophosphates in adult food on the mortality of the melon fly, *Bactrocera cucurbitae* (Coquillett). Higher ratios of insecticides resulted in increasing melon fly mortalities. As there were no non-insecticide food baits provided for melon fly's choice (no-choice test), baits mixed with dimethoate caused higher mortalities compared to other insecticides tested on the melon flies. Dimethoate baits at a concentration of 1/2000 (v/v) killed approximately 85% of the flies tested at 24 h, while it caused 98% mortality at 48 h. On the other hand, the profenofos bait was least effective to the melon fly. In a non-insecticide bait provided together with an insecticide bait to the melon flies for choice (choice test), dimethoate bait still caused the highest mortalities to the flies tested, while fenitrothion and malathion baits resulted in the lowest ones. Melon fly mortalities were higher in the no-choice tests than the choice. Phenthoate bait maintained the highest residual toxicity among all of the baits tested. This bait at a concentration of 1/100 after two weeks of exposure in the greenhouse still caused over 80% of mortalities. Collectively, this study showed that chlorpyrifos, dimethoate, fenthion, phenthoate and prothiofos elicited high toxicity to the melon fly while incorporated into the adult food, and were potential to be considered as the insecticide additives in melon fly baits.

Key words: *Bactrocera cucurbitae*, Organophosphates, Baits.

Received: August 14, 2013; Accepted: October 7, 2013.

* Corresponding author, e-mail: hslai@fthes-tari.gov.tw

1 Assistant Research Fellow, Department of Plant Protection, Fengshan Tropical Horticultural Experiment Branch, Taiwan Agricultural Research Institute, Kaohsiung, Taiwan, ROC.